L'astrolabe
ou le ciel à portée de la main

Hélène Merle

© Éditions Le Pommier, 2009

Prérequis

La succession des jours et des nuits et le mouvement du Soleil au cours d'une journée, vu depuis la Terre, sont liés à la rotation de la Terre sur elle-même en vingt-quatre heures.

Objectifs notionnels

Au cours d'une nuit, on voit, depuis la Terre, les étoiles tourner autour de l'étoile Polaire : ce mouvement est lié à la rotation de la Terre sur elle-même autour de l'axe des pôles passant par l'étoile Polaire.

Au cours d'une journée, lorsque le Soleil se déplace d'est en ouest, sa hauteur varie et il culmine à midi solaire dans la direction du sud. Cette course du Soleil dans le ciel, vue depuis la Terre, varie au cours des saisons.

Au cours d'une année, on voit le Soleil se déplacer sur les constellations du zodiaque (appelées aussi « constellations de l'écliptique » car elles sont contenues dans le plan de rotation de la Terre autour du Soleil) : ce mouvement observé depuis la Terre est lié à la révolution de la Terre autour du Soleil.

Référence au programme de sciences et technologie du cycle 3 de l'école primaire

« Le ciel et la Terre : le mouvement de la Terre autour du Soleil ; la rotation de la Terre sur elle-même ».

Du IVe au XVIIe siècle, l'astrolabe a eu de multiples applications, en particulier pour déterminer l'heure, de jour comme de nuit, pour repérer la hauteur des étoiles ou du Soleil dans le ciel, pour s'orienter. Inventé par les Grecs, puis perfectionné par les savants des pays d'Islam, cet instrument revêtait par ailleurs une importance toute particulière pour les musulmans car il permettait de connaître l'orientation vers La Mecque pour les prières quotidiennes (voir le texte historique pour plus de détails).

Une recherche documentaire suivie de la fabrication d'une maquette d'astrolabe permettra aux enfants de se familiariser avec l'histoire et les différentes pièces de cet instrument. À l'aide de cette maquette, nous allons, comme l'a certainement fait al-Khwârizmî avec Nabil et Fadila (le maître fera lire le texte pour enfants en classe), les initier à deux utilisations de cet instrument. La première concerne l'utilisation astronomique de l'astrolabe, « le preneur d'étoiles », la seconde son utilisation pour déterminer la hauteur d'une tour par exemple. L'ensemble des activités nécessite dix à douze séances mais plusieurs d'entre elles sont indépendantes.

Recherche documentaire

Les élèves sont invités à rechercher diverses informations sur l'astrolabe : par qui a-t-il été inventé puis perfectionné ? à quoi sert-il ? quels sont les différents éléments qui le constituent[1] ?

On pourra déboucher sur une frise chronologique situant les périodes grecque puis islamique et montrer que cet instrument a été utilisé pendant une très longue période.

Les informations recueillies et synthétisées par la classe pourront être notées sur le cahier d'expériences.

Fabriquer un astrolabe

La recherche documentaire et l'animation présentée sur le site du projet permettent aux élèves de découvrir les différentes parties de l'astrolabe. On proposera à chaque élève de fabriquer son propre instrument à partir de ces différents éléments.

Matériel

Les élèves disposent chacun de diverses pièces photocopiées sur papier (dos et face de la matrice, tympan, aiguille et alidade) et de l'araignée photocopiée sur transparent (voir en annexe). Ils ont également une fiche bristol, de la colle en bâton, deux œillets, un trombone, une attache parisienne et un morceau de paille de 5 cm.

Fiche de fabrication

1. coller le dos de la matrice sur du bristol et découper le disque ;
2. découper la face de la matrice et la coller de l'autre côté du bristol ;
3. découper le tympan et le coller sur la face avant de la matrice, en alignant la direction du sud avec la graduation 12 de la matrice ;
4. coller l'aiguille et l'alidade sur du bristol puis les découper ;
5. découper le contour de l'araignée en suivant les pointillés (sur le transparent) ;
6. superposer ces éléments dans l'ordre : l'alidade, la matrice (tympan sur le dessus), l'araignée et l'aiguille, et maintenir ces éléments avec une attache parisienne au centre ;
7. coller un morceau de paille dans la longueur de l'alidade ;
8. perforer le trou pour la suspension et le renforcer avec des œillets ;
9. passer un trombone dans le trou.

Une fois l'objet fabriqué, une observation collective permettra de faire quelques constats et de soulever un certain nombre de problèmes.

Face arrière de la matrice

On y voit les douze mois de l'année représentés en cercle (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) ; pour chaque mois (avec un léger décalage), on lit le nom d'une constellation et les enfants reconnaîtront facilement les noms des « signes » du zodiaque des horoscopes. On voit également un demi-carré sur lequel on lit le mot « ombres » : à quoi sert-il ? L'alidade peut tourner et semble servir à viser grâce à la paille : pour quel usage ?

Face avant de la matrice

Sur le tympan sont dessinés beaucoup de cercles ; l'un d'eux en particulier

est gradué de 0 à 90° (même si les élèves ne connaissent pas la mesure des angles, on peut leur dire que les degrés permettent de mesurer des angles, qu'un angle droit mesure 90°). On lit : « latitude de Paris » ; cet astrolabe peut donc être utilisé en France métropolitaine, mais il serait faux au pôle Nord ou à l'équateur, comme on le précise dans l'animation. L'anneau extérieur est gradué sur vingt-quatre heures.

Araignée

Cette pièce possède des griffes qui représentent les étoiles les plus brillantes du ciel (voir l'animation) ; ces étoiles sont repérées par les premières lettres de leur nom et nous allons essayer de les identifier en observant sur la carte du ciel (voir en annexe) les étoiles les plus brillantes.

– « Sir » pour Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel ;
– « Ald » pour Aldébaran ;
– « Rig » pour Rigel, et « Bét » pour Bételgeuse, les deux étoiles les plus lumineuses de la constellation d'Orion, qui est bien visible pendant l'hiver ;
– « Arc » pour Arcturus ;
– « Den » pour Deneb, « Veg » pour Véga, « Alt » pour Altaïr, les trois étoiles du « triangle de l'été » que l'on observe haut dans le ciel à cette saison.

Cet exercice permet aux élèves de se familiariser avec le ciel en reconnaissant quelques étoiles et constellations grâce à la carte du ciel qui reproduit sur un plan le « dôme du ciel » évoqué par Nabil et Fadila. Pour utiliser l'astrolabe, il fallait bien connaître le ciel et les étoiles car c'étaient ces dernières qui permettaient de s'orienter ou de connaître l'heure la nuit. Le maître pourra organiser une observation du ciel pour compléter ce travail.

Après la lecture du texte pour enfants, on incitera les élèves à commenter, et éventuellement à questionner, le passage dans lequel Nabil et Fadila évoquent le mouvement des astres au cours de la nuit et l'immobilité de l'étoile Polaire. La présentation d'une photo d'un ciel nocturne prise avec un temps d'exposition très long permettra de visualiser ce mouvement des étoiles autour de l'étoile Polaire. Le maître aidera les élèves à interpréter ce phénomène par la rotation de la Terre sur elle-même : la Polaire est fixe pour

l'observateur terrestre car elle est sur l'axe de rotation de la Terre. Il pourra utiliser un globe terrestre transpercé par un axe : lorsque le globe tourne autour de son axe, les points de l'axe sont immobiles.

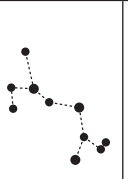
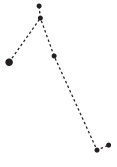
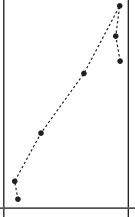
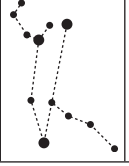
S'interroger sur le mouvement du Soleil au cours de l'année sur le fond des étoiles

Intéressons-nous maintenant à la position du Soleil sur l'astrolabe. L'animation nous dit qu'elle est représentée par un « calendrier » tout autour de l'araignée : nous observons effectivement un cercle gradué en mois sur l'araignée. Ainsi, au cours des mois, le Soleil se déplace et fait « le tour du ciel » en un an. Cette constatation peut être l'objet d'un premier questionnement : « Pourquoi les étoiles sont-elles toujours au même endroit sur l'araignée (les griffes de l'araignée) alors que le Soleil se déplace sur un cercle de mois en mois ? »

Les élèves observent à nouveau, comme sur le dos de la matrice, les différents mois représentés en cercle sur l'araignée. Le maître invite les élèves à observer le même calendrier sur la carte du ciel : derrière chaque mois, repéré par son numéro, on lit le nom d'une constellation du zodiaque. Par exemple, pour le mois de juin (6), on trouve la constellation du Taureau et c'est donc dans cette direction que se trouve le Soleil en juin. En juillet (7), le Soleil coïncide avec la constellation des Gémeaux, en août (8) avec celle du Cancer, etc. Ainsi, le Soleil coïncide chaque mois avec une constellation du zodiaque différente. En observant la carte du ciel et en s'aidant des dessins des constellations du Zodiaque fournis en annexe, les élèves pourront constituer le tableau ci-contre : pour chaque mois, ils colleront le dessin de la constellation correspondante avec son nom.

Remarques pour le maître : Le plan de l'écliptique, le plan de l'orbite terrestre autour du Soleil, passe par un certain nombre de constellations, appelées « constellations du zodiaque » ou « de l'écliptique »[2]. On demandera aux élèves d'utiliser la carte du ciel et non l'astrolabe pour remplir le tableau. Ils remarqueront peut-être le décalage d'un mois environ avec les noms portés sur le dos de la matrice de l'astrolabe. Ce décalage s'explique par le fait que les signes du zodiaque ont été définis au v^{e} siècle avant J.-C. et que le ciel

s'est modifié depuis du fait de la précession des équinoxes (lent changement de direction de l'axe de rotation de la Terre). De plus, le zodiaque avait été divisé en douze parties égales, alors que les constellations ont des étendues très différentes. Actuellement, les signes du zodiaque n'ont qu'un rapport lointain avec les constellations du zodiaque, mais cette différence ne sera pas expliquée aux enfants.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Sagittaire	Capricorne	Verseau	Poissons	Bélier	Taureau
					
Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gémeaux	Cancer	Lion	Vierge	Balance	Scorpion
					

Position du Soleil chaque mois par rapport
aux constellations du zodiaque

Les élèves pourront coller ce tableau sur leur cahier d'expériences et élaborer un petit texte. Par exemple : « Ce tableau indique le nom des constellations devant lesquelles le Soleil passe chaque mois : ainsi, en juin, le Soleil, pour un observateur terrestre, est devant la constellation du Taureau ; en juillet, le Soleil semble se déplacer vers l'est et se trouve devant la constellation des Gémeaux, et ainsi de suite. En un an, le Soleil revient à sa position initiale. »

Le maître incite les élèves à résoudre le problème (« Pourquoi le Soleil se déplace-t-il au cours de l'année sur le fond des étoiles ? ») et à comprendre ce

qui se passe réellement. Pour cela, chaque groupe d'élèves dispose de douze étiquettes préparées à l'avance représentant les constellations de l'écliptique (voir le document en annexe). Ils sont invités à les placer en cercle sur leur table (attention, une observation attentive de l'astrolabe montre que ces constellations se succèdent dans l'ordre des mois, mais dans le sens inverse des aiguilles d'une montre). Ensuite, ils doivent placer le Soleil (représenté par une balle de ping-pong) et la Terre (mini-globe terrestre taille-crayon par exemple) à leurs positions respectives au mois de juin et imaginer ce qui se passe ensuite au fil des mois (de juin à décembre, puis de décembre à juin).

Pour cela, il faut réfléchir à la position du Soleil et de la Terre par rapport aux étoiles : le Soleil est beaucoup plus près de la Terre que les étoiles ! Ensuite, il faut respecter les données du tableau : en juin, le Soleil coïncide avec la constellation du Taureau (c'est-à-dire que le Soleil se trouve dans la direction de cette constellation pour l'observateur terrestre). On ne peut donc pas voir le Taureau à cette période car cette constellation est dans le ciel en même temps que le Soleil, c'est-à-dire en plein jour ; par contre, à minuit, le même mois, on est « en face » de la constellation du Scorpion qui est bien visible dans le ciel.

La plupart des groupes placeront vraisemblablement la Terre au centre et feront tourner le Soleil autour de la Terre en un an pour expliquer que le Soleil coïncide chaque mois avec une constellation du zodiaque différente.

Un échange collectif permettra de confronter le modèle géocentrique, adopté par la majorité des groupes, et le modèle héliocentrique. Si tous les groupes ne pensent qu'au modèle géocentrique, il faudra leur demander de commenter leur production. Dès que les élèves réalisent qu'ils font tourner le Soleil autour de la Terre, ils réagissent rapidement face à ce qu'ils considèrent comme une « erreur ». En effet, la plupart d'entre eux savent que « c'est la Terre qui tourne autour du Soleil » et non l'inverse.

La confrontation des deux modèles est très intéressante et il faut expliquer aux élèves qu'ils sont tous les deux pertinents. Mais ils correspondent à deux points de vue différents : celui de l'observateur terrestre (pour lequel le Soleil fait le tour du ciel en un an) et celui d'un observateur qui serait placé sur le Soleil (pour lequel ce serait la Terre qui effectuerait une révolution autour du Soleil en un an).

Le déplacement du Soleil au cours de l'année sur les constellations du zodiaque est alors interprété comme un mouvement « apparent », comme le mouvement du Soleil d'est en ouest au cours d'une journée que les élèves ont déjà étudié.

Connaître l'heure (ou s'orienter) avec l'astrolabe

« Prendre les astres » avec l'astrolabe, cela signifie repérer leur hauteur, c'est-à-dire l'angle entre la direction de l'astre et le plan horizontal, cet angle étant compris entre 0° (lorsque l'astre est sur l'horizon, donc à peine visible) et 90° (lorsqu'il est au zénith, c'est-à-dire à la verticale de l'observateur). La mesure des angles n'est pas au programme de l'école élémentaire ; toutefois, les enfants de cours moyen peuvent utiliser le rapporteur reproduit sur l'astrolabe, de la même manière qu'ils utilisent le cadran gradué de la boussole. Attention : il faut savoir que pour un enfant, la hauteur du Soleil (ou d'une étoile) est assimilée le plus souvent à une distance et non à un angle. L'animation permet d'introduire une réflexion sur la nature de cette grandeur et constitue une bonne introduction à la notion d'angle.

La première activité peut consister à « prendre le Soleil », c'est-à-dire à relever la hauteur du Soleil à plusieurs moments de la journée avec l'astrolabe tenu verticalement, pour répondre à diverses questions : « À quel moment de la journée le Soleil est-il le plus haut dans le ciel ? À quelle saison ? Comment connaître sa hauteur avec notre astrolabe ? » Le maître peut alors laisser les enfants émettre des hypothèses avant de les renvoyer vers l'animation. Les enfants utiliseront l'astrolabe et en comprendront le principe : il faut diriger le plan de l'astrolabe vers le Soleil et faire pivoter l'alidade jusqu'à faire passer les rayons lumineux à travers la paille. On obtient alors sur le sol un rond lumineux. Attention : les élèves ne doivent pas fixer le Soleil, encore moins à travers la paille.

La construction d'un graphique (évolution de la hauteur en fonction de l'heure) montre que le Soleil monte dans le ciel jusqu'à 14 heures en été et jusqu'à 13 heures en hiver (c'est alors le midi solaire et le Soleil est dans la direction du sud, ce que l'on vérifiera avec une boussole) avant de redescendre vers l'ouest.

Ce travail pourra être reproduit plusieurs fois dans l'année, avec des relevés toutes les deux heures, pour que les enfants constatent que le Soleil monte plus ou moins haut dans le ciel selon la saison, mais qu'il culmine toujours dans la direction du sud à midi solaire. Attention, contrairement à ce que pensent souvent les élèves, le Soleil ne passe jamais au zénith en France métropolitaine, même le 21 juin lorsqu'il passe au plus haut (sa hauteur est alors d'environ 65 à 70° selon la latitude).

Pour expliquer la méthode, le maître pourra fournir le graphique déjà construit pour une certaine date et demander aux enfants de déterminer l'heure pour une valeur donnée de la hauteur du Soleil : avec le graphique, on obtient deux heures (une pour le matin et une autre pour l'après-midi). Par exemple, le 1er juillet (voir le graphique sur le site dédié au projet), si le Soleil est à 20° au-dessus de l'horizon, il est soit 6 h 15 si le Soleil vient de se lever vers l'horizon est, soit 17 h 45 s'il est en train de décliner vers l'ouest. Attention : il s'agit d'heures solaires, pour la latitude de Paris.

Avec l'astrolabe, pas besoin de tracer tous ces graphiques ! La détermination de l'heure lorsqu'on connaît la date est beaucoup plus facile : il suffit de faire tourner l'araignée pour amener la date du 1er juillet (position du Soleil par rapport aux étoiles ce jour-là) sur le cercle de hauteur 20°. Attention : il y a toujours deux possibilités (matin ou soir). L'aiguille mobile amenée sur la date du 1er juillet permet de lire l'heure sur le bord de l'instrument : si c'est l'après-midi, il est 17 h 45.

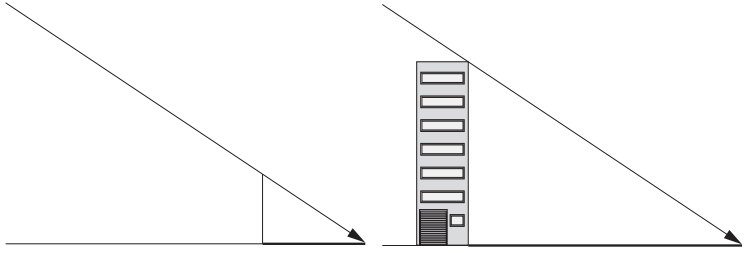
Plusieurs exercices de ce type permettront de familiariser les élèves avec cette utilisation de l'instrument. Il est toujours intéressant de comparer les résultats obtenus avec l'astrolabe et avec le graphique.

La nuit, on procède de façon analogue, mais c'est en visant des étoiles brillantes que l'on peut déterminer l'heure. C'est pour cette raison qu'il est très important de bien connaître le ciel lorsqu'on veut utiliser l'astrolabe.

Comment mesurer la hauteur de notre école avec l'astrolabe ?

Pour mesurer la hauteur d'un arbre ou d'un immeuble, une méthode consiste à mesurer son ombre un jour ensoleillé. La mesure de l'ombre

d'un gnomon (bâton planté verticalement) permet de connaître le rapport x entre la taille de ce gnomon et son ombre. Comme les rayons solaires sont parallèles entre eux, le rapport est le même entre la hauteur de l'immeuble et son ombre : connaissant la longueur de cette ombre, on peut en déduire facilement la hauteur de l'immeuble.



Hauteur de l'immeuble = longueur de l'ombre de l'immeuble × x.

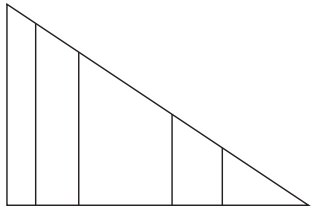
Par exemple, si le gnomon est deux fois plus grand que son ombre, $x = 2$, la hauteur de l'immeuble est deux fois plus grande que la longueur de son ombre.

Pour les élèves, on peut proposer un défi : « L'astrolabe nous a aidés à mesurer la hauteur du Soleil, mais pourrait-il nous être utile pour mesurer la hauteur de notre école ? »

Le terme sur l'astrolabe : « carré des ombres », incitera sans doute les élèves à proposer dans un premier temps une méthode utilisant l'ombre d'un bâton vertical sur le sol.

Chaque groupe dispose d'une planchette et d'une vis à tête plate, mais de longueur différente pour chaque groupe. Les enfants vont au Soleil, dessinent l'ombre de leur vis et mesurent sa longueur. Les élèves reportent l'ensemble des résultats dans un tableau de deux colonnes (longueur de la vis – longueur de l'ombre) sur leur cahier d'expériences. Les résultats sont analysés collectivement et les élèves remarquent que plus la vis est longue, plus l'ombre est longue ; on peut remarquer une relation de proportionnalité entre ces deux grandeurs.

Les élèves dessinent ensuite les diverses expériences à l'échelle, de profil. La comparaison de ces schémas montre que les triangles formés par la vis, l'ombre et les rayons du Soleil, même s'ils sont de tailles différentes, peuvent se superposer : les angles entre le sol et les rayons du Soleil sont égaux. C'est cet angle qui est appelé « hauteur du Soleil » !



Par analogie avec cette méthode des ombres, le dos de l'astrolabe porte un « carré des ombres » qui permet de déterminer des hauteurs par visée.

L'animation incite les élèves à utiliser l'astrolabe pour déterminer la hauteur d'un édifice. Mais comment utiliser le carré des ombres ? Les enfants seront invités à viser, depuis la cour de récréation, le sommet de plusieurs édifices (toit de l'école, pointe d'un clocher, sommet d'un château d'eau) à travers la paille. Ils vont remarquer que l'alidade est plus ou moins inclinée et que sa position peut être repérée par un nombre sur le carré des ombres ; le maître leur demandera de repérer ce nombre.

La comparaison des mesures montre qu'elles diffèrent, pour le même édifice, selon l'endroit d'où elles sont prises : « Quand je vise le toit de l'école, je trouve 2 quand je suis près du bâtiment et je lis 6 si je m'éloigne », par exemple.

En conservant la même position, les élèves constatent également que plus l'immeuble est haut, plus le carré des ombres donne une valeur faible : « Pour l'école je trouve 12 et pour la tour qui est plus haute on trouve 4. »

Si ces indications ne donnent donc pas directement une hauteur, à quoi servent-elles ?

Pour aider les élèves à comprendre le principe du carré des ombres, le maître portera sur le mur de l'école deux repères correspondant à des hauteurs de 6 et 12 m idéalement (sinon 3 et 6 m).

Les élèves doivent trouver où se placer pour quelques indications de l'alidade (4, 6, 8, 12 par exemple) et pour chacune d'elles, mesurer la distance entre la position de visée et le bâtiment à l'aide d'un décamètre, d'une chaîne d'arpenteur ou d'une corde sur laquelle figure une marque ou un nœud tous les mètres.

Le groupe-classe élaborera un tableau de mesures. Aux erreurs de mesure près, on obtiendra des résultats de cet ordre :

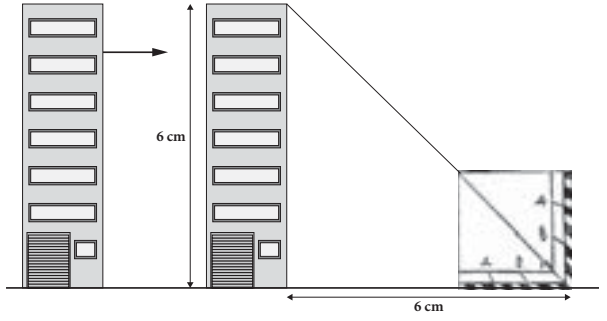
Indication de l'alidade	Distance au bâtiment Repère à 6 m de haut	Distance au bâtiment Repère à 12 m de haut
4	2 m	4 m
6	3 m	6 m
8	4 m	8 m
12	6 m	12 m

Les élèves remarqueront l'intérêt de la graduation 12 : « Si je lis 12 sur l'astrolabe, je suis à peu près à une distance de l'immeuble égale à sa hauteur. » Ainsi, si on ne connaît pas la taille de l'immeuble, il suffit alors de mesurer la distance à l'immeuble pour connaître sa hauteur. Si l'astrolabe indique 6, la distance est à peu près égale à la moitié de la hauteur.

Toutefois, ces remarques n'auront qu'un statut d'hypothèses car les valeurs mesurées seront vraisemblablement entachées d'erreurs importantes. On pourra réfléchir aux causes d'erreurs et montrer qu'elles peuvent avoir trois origines :
– l'instrument : notre maquette est en carton et peut se déformer, il y a du jeu sur l'alidade…
– le manipulateur : la corde n'est pas toujours bien tendue…
– la grandeur à mesurer : le sol n'est pas très plat…

Remarque pour le maître : Il faudrait tenir compte de la taille des enfants, ce qui compliquerait encore le problème, il faut simplement leur demander de faire les visées assis par terre pour diminuer cette source d'erreur.

Le passage par une schématisation peut aider à confirmer les hypothèses et pour simplifier, on supposera que la visée se fait à partir du sol. Les élèves sont donc invités à schématiser leurs expériences. Leurs productions sont comparées entre elles et, si nécessaire, au dessin page 79 du texte historique. Une schématisation de profil est ainsi mise au point collectivement. Les enfants disposent ensuite de plusieurs reproductions du carré des ombres et de plusieurs rectangles représentant un immeuble de 6 m de haut (bandelette de 6 cm de long). Ils doivent positionner la bandelette (l'immeuble) pour chaque indication de l'astrolabe (voir la figure ci-dessous pour la graduation 12).



Les élèves peuvent alors mesurer, sur cette schématisation, la distance à l'immeuble et la porter sur un tableau de mesures. Les erreurs seront moins importantes que lors des mesures dans la cour et le tableau de résultats plus facile à analyser.

Longueur du côté du carré des ombres[3]	Indication de l'alidade	Hauteur de l'immeuble	Distance entre le point de visée et l'immeuble
12	4	6 m	2 m
12	6	6 m	3 m
12	8	6 m	4 m
12	12	6 m	6 m

Les enfants remarquent l'égalité de certains rapports : par exemple 12/6 = 6/3, 12/4 = 6/2… Ils peuvent peut-être parvenir à dégager la loi générale :

le rapport entre la longueur du côté du carré des ombres (12) et l'indication sur l'alidade est égal au rapport entre la hauteur de l'immeuble (6) et la distance entre le point de visée et l'immeuble. Le maître placera ensuite quelques cibles à différentes hauteurs sur un mur et les élèves devront déterminer leur hauteur grâce au carré des ombres. La méthode la plus simple est bien sûr de régler l'alidade sur 12 et de se déplacer jusqu'à viser la cible, mais on pourra aussi proposer aux élèves une ou deux situations où cette méthode est impossible.

Les élèves pourront rédiger un mode d'emploi qu'ils noteront sur leur cahier d'expériences et testeront auprès d'une autre classe de l'école.

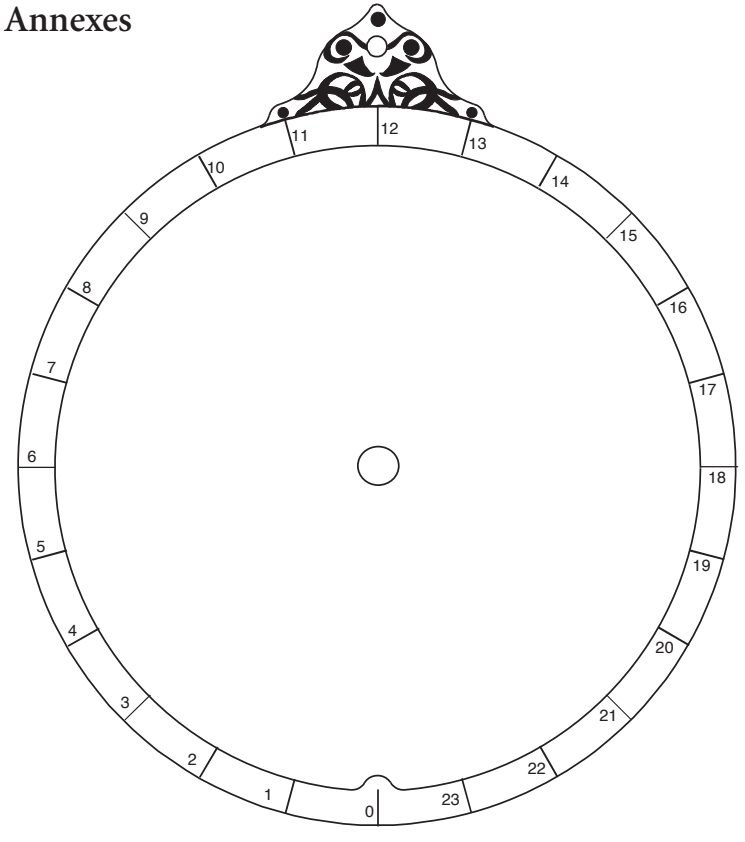
Conclusion

Les diverses activités proposées ont permis aux élèves de se familiariser avec l'astrolabe, de découvrir sa richesse et la variété de ses utilisations à travers deux exemples très différents. Au-delà des connaissances acquises sur le ciel, les élèves ont travaillé de nombreuses notions mathématiques : notion d'angle, mesure de longueurs, élaboration de tableaux de mesures, tracé et exploitation de graphiques… Ils ont été amenés à formuler divers problèmes et à les résoudre par des démarches d'investigation variées : observation, expérimentation, fabrication d'une maquette, modélisation.

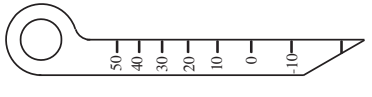
Notes

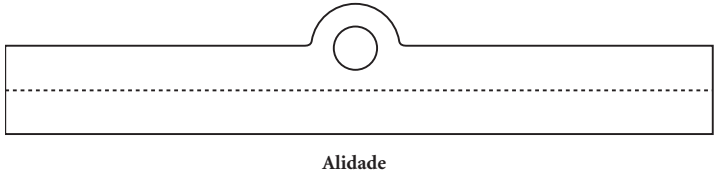
1. Il s'agit simplement de découvrir les différentes pièces de l'astrolabe, non d'étudier en détail les cercles gravés sur le tympan de l'astrolabe.
2. En fait, il existe actuellement treize constellations du zodiaque inégales. Pour plus de simplicité, on ne tiendra compte que des douze constellations correspondant au zodiaque traditionnel, Ophiuchus, la treizième constellation, n'en faisant pas partie.
3. Cette colonne sera renseignée pour faciliter la découverte de l'égalité de certains rapports

Annexes



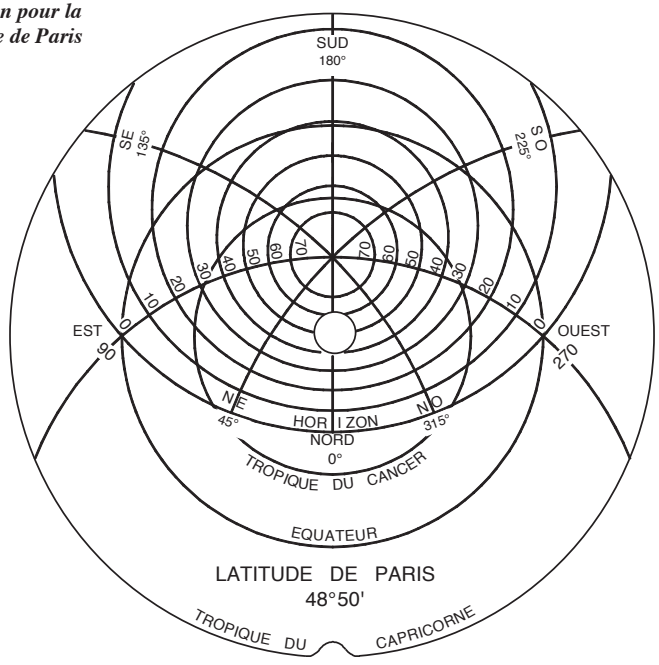
Matrice (face) et règle



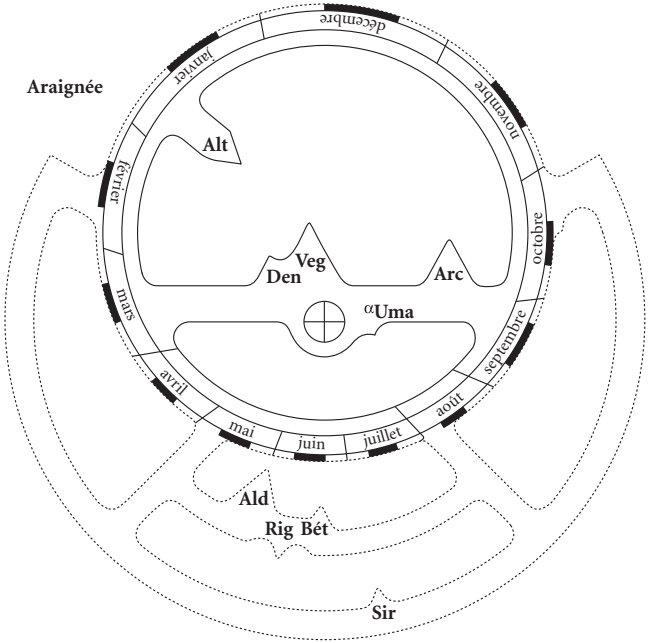


Alidade

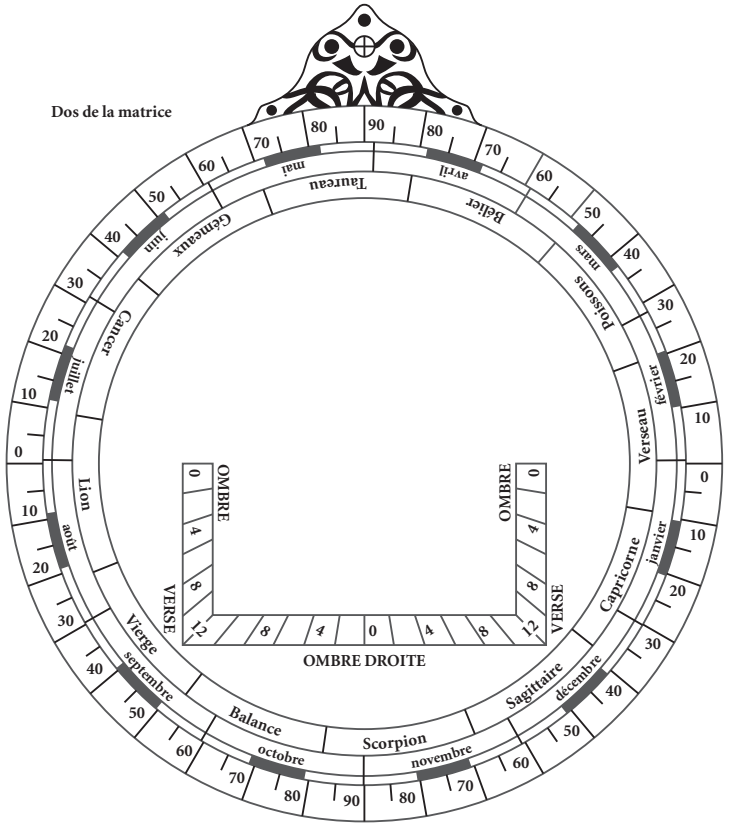
Tympan pour la latitude de Paris



Araignée



Dos de la matrice



Sagittaire	Capricorne	Verseau	Poissons	Bélier	Taureau
Gémeaux	Cancer	Lion	Vierge	Balance	Scorpion